

УДК 617.5-089.87-053.6:004.942

О.Г. Якименко, Р.І. Зозуляк

# Геометричне моделювання передньої черевної стінки з побудовою числової моделі оптимального розміщення лапароскопічних портів у дівчат пубертатного віку

Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова, Україна

Paediatric Surgery (Ukraine). 2026. 1(90): 59-66. doi: 10.15574/PS.2026.1(90).5966

**For citation:** Yakymenko OG, Zozulyak RI. (2026). Geometric modeling of the anterior abdominal wall with the construction of a numerical model for optimal laparoscopic port placement in pubertal girls. Paediatric Surgery (Ukraine). 1(90): 59-66. doi: 10.15574/PS.2026.1(90).5966.

**Мета** – визначити морфометрично й анатомічно обґрунтовані місця для встановлення лапароскопічних портів у дівчат пубертатного віку шляхом геометричного моделювання відділів передньої черевної стінки та побудови числової моделі на основі отриманих антропометричних даних.

**Матеріали і методи.** Проведено морфометричне дослідження 112 дівчат віком 10–17 років без патології опорно-рухового апарату із застосуванням математичного моделювання. На основі анатомічних орієнтирів (мечоподібний відросток, пупок, клубові ості, лобковий симфіз) побудовано трикутникову модель передньої черевної стінки.

**Результати.** Встановлено достовірне збільшення площі передньої черевної стінки в старшій пубертатній групі, при цьому симетрія правої і лівої половин зберігається. Оптимальне розташування лапароскопічних портів відповідає координатам центрів трикутників ( $y=9,73\pm 0,05$  см).

**Висновки.** Геометричне моделювання дає змогу стандартизувати розміщення портів на передній черевній стінці в дівчат пубертатного віку і зменшити травматичність втручання.

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження погоджено локальним етичним комітетом зазначеної установи. На проведення дослідження отримано інформовану згоду пацієнтів.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

**Ключові слова:** дитяча хірургія, дівчата пубертатного віку, передня черевна стінка, геометричне моделювання, лапароскопія.

## Geometric modeling of the anterior abdominal wall with the construction of a numerical model for optimal laparoscopic port placement in pubertal girls

O.G. Yakymenko, R.I. Zozulyak

National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine

**Aim** – to determine morphometrically and anatomically justified sites for laparoscopic port placement in pubertal girls by means of geometric modeling of the anterior abdominal wall regions and the construction of a numerical model based on the obtained anthropometric data. **Materials and methods.** A morphometric study was conducted in 112 girls aged 10–17 years without pathology of the musculoskeletal system, using mathematical modeling. Based on anatomical landmarks – the xiphoid process, umbilicus, iliac spines, and pubic symphysis – a triangular model of the anterior abdominal wall was constructed.

**Results.** A significant increase in the area of the anterior abdominal wall was established in the older pubertal group, while symmetry between the right and left halves was preserved. The optimal placement of laparoscopic ports corresponded to the coordinates of the triangle centroids ( $y=9.73\pm 0.05$  cm).

**Conclusions.** Geometric modeling allows standardization of port placement on the anterior abdominal wall in pubertal girls and may reduce the invasiveness of surgical intervention.

## Original articles. Thoracic and abdominal surgery

The study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the local ethics committee of the indicated institution. Informed consent was obtained from the patients for participation in the study.

The authors declare no conflict of interest.

**Keywords:** pediatric surgery, pubertal girls, anterior abdominal wall, geometric modeling, laparoscopy.

### Вступ

Мініінвазивні технології є стандартом у дитячій хірургії та дитячій гінекології завдяки меншій травматичності, швидшій реабілітації та кращим косметичним результатам [1,14,15,18]. Однак більшість існуючих підходів до встановлення лапароскопічних портів базуються на рекомендаціях стосовно дорослих пацієнтів і не враховують специфічних топографо-анатомічних особливостей пубертатного віку [1,6,18]. Період статевого дозрівання в дівчат характеризується інтенсивними морфологічними змінами тулуба і таза, які мають антропометричні відмінності в I і II фазах пубертатного періоду [2,7,8,9,17]. Це, своєю чергою, зумовлює потребу наукового розроблення методики вибору оптимальних місць встановлення лапароскопічних портів для доступу в черевну порожнину. У наведеному нами дослідженні на основі антропометричних досліджень із застосуванням математичного моделювання запропоновано уявну трикутникову модель розподілу передньої черевної стінки, що ґрунтується на стабільних анатомічних орієнтирах та аналізі симетрії правої і лівої половини живота, що дає змогу математично визначати анатомічно й функціонально обґрунтовані орієнтири для оптимального місця встановлення робочих лапароскопічних портів у дівчат пубертатного віку.

**Мета** дослідження – визначити морфометрично та анатомічно обґрунтовані місця для встановлення лапароскопічних портів у дівчат пубертатного віку шляхом геометричного моделювання відділів передньої черевної стінки та побудови числової моделі на основі отриманих антропометричних даних.

### Матеріали і методи дослідження

Залучено 112 дівчат віком 10–17 років без патології опорно-рухового апарату, ожиріння або гіпотрофії (табл. 1).

Усі учасниці належали до пубертатного періоду розвитку (II–V стадії статевого дозрівання за Танером) і були розподілені на дві групи: I фаза (11–13 років; n=58) і II фаза (14–17 років; n=54)

[2,7,8,9,17]. Антропометричні дослідження проведено згідно зі стандартами International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) [16] та наказом Міністерства охорони здоров'я України від 13.09.2024 № 1590 [11]. Основні анатомічні орієнтири: мечоподібний відросток (XP), пупок (U), права і ліва передньо-верхні клубові ості (SR і SL) і верхній край лобкового симфізу (P) (рис. 1). Основні анатомічні орієнтири (точки) передньої черевної стінки: XP – мечоподібний відросток, SR – права передньо-верхня клубова ость, SL – ліва передньо-верхня клубова ость (SIAS – spina iliaca anterior superior), P – лобкова точка, U – пупок, C – точка перетину SR-SL і XP-P.

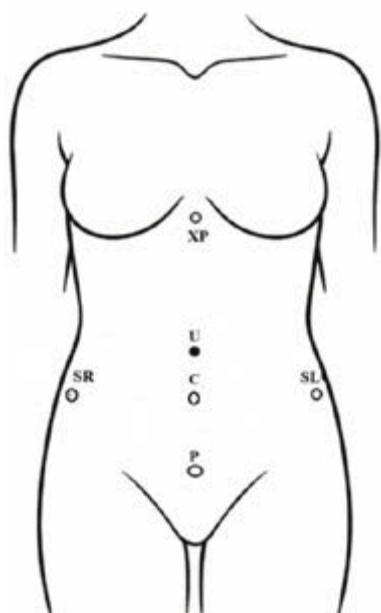
Для кожного показника визначено середнє значення (M) і стандартне відхилення (SD). Нормальність розподілу даних перевірено за допомогою критерію Шапіро–Вілка. Порівняння між групами проведено із застосуванням t-критерію Стюдента для незалежних вибірок у разі нормального розподілу даних або непараметричного тесту Манна–Вітні за його відсутності. Однорідність дисперсій оцінено за критерієм Левена. Критичний рівень статистичної значущості прийнято на рівні  $p < 0,05$ . Статистичну обробку даних виконано із застосуванням програмного пакета «IBM SPSS Statistics v.27.0» (IBM Corp., США). З метою кількісного підтвердження еквівалентності показників у межах наперед заданого допуску застосовано тест еквівалентності TOST (Two One-Sided Tests) [10]. Межі еквівалентності для координати у встановлено на рівні  $\pm 0,5$  см, що відповідає допустимим анатомічним варіаціям вертикальних розмірів передньої черевної стінки.

Дослідження проведено відповідно до міжнародних стандартів біоетики та принципів Гельсінської декларації [19]. Отримано офіційний дозвіл Комітету з біоетики Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова за протоколом № 2 від 13 лютого 2023 року. Усі дані обстежуваних знеособлено для забезпечення анонімності та конфіденційності.

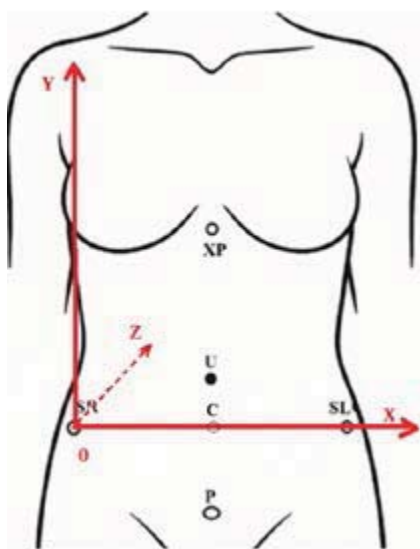
### Таблиця 1

Розподіл обстежуваних за віком

| Вік, років        | 10–11 | 11–12 | 12–13 | 13–14 | 14–15 | 15–16 | 16–17 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Кількість (n=112) | 12    | 16    | 17    | 13    | 23    | 13    | 18    |



**Рис. 1.** Основні анатомічні орієнтири (точки) передньої черевної стінки: XP – мечоподібний відросток, SR – права передньо-верхня клубова ость, SL – ліва передньо-верхня клубова ость (SIAS – spina iliaca anterior superior), P – лобкова точка, U – пупок, C – точка перетину SR-SL і XP-P



**Рис. 2.** Схема задання координатної системи для площинної моделі передньої поверхні черевної стінки

### Результати дослідження та їх обговорення

Результати метричного дослідження дистанційних показників між основними точками, анатомічними орієнтирами, здійснено з урахуванням просторової трансформації скелетної основи передньої черевної стінки в дівчат I і II фази пубертатного періоду за Танером [17] (табл. 2).

Оскільки тіло має тривимірну будову, для уникнення похибок, пов'язаних із варіаціями

**Таблиця 2**

Порівняльна таблиця дистанційних показників за віковими групами

| Показник | 10–13 років (n=58) | 14–17 років (n=54) | p     |
|----------|--------------------|--------------------|-------|
| SR-SL    | 25,8±0,7 см        | 29,1±0,9 см        | <0,05 |
| SL-P     | 14,6±0,9 см        | 16,0±1,1 см        | <0,05 |
| SR-P     | 14,4±1,0 см        | 16,3±0,9 см        | <0,05 |
| SR-C     | 12,5±0,7 см        | 13,7±2,5 см        | <0,05 |
| SL-C     | 12,1±1,0 см        | 13,2±2,2 см        | <0,05 |
| C-P      | 11,6±1,0 см        | 12,4±2,3 см        | <0,05 |

товщини та форми передньої черевної стінки, здійснено перехід від тривимірної до площинної моделі шляхом застосування ортогональної проєкції на площину XOY відповідно до принципів Монжа [12], формула 1.

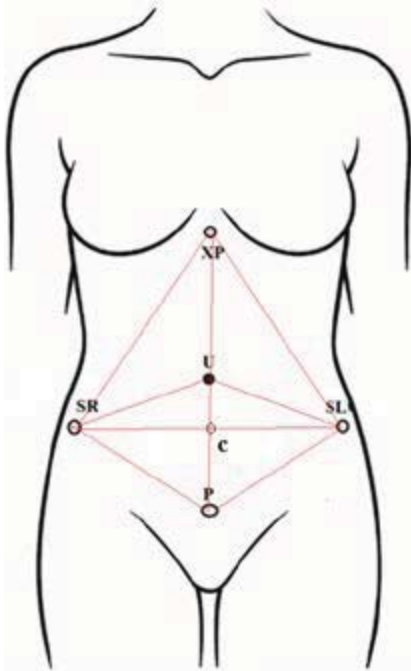
$$\begin{matrix} x' \\ y' \end{matrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{matrix} x \\ y \\ z \end{matrix}, \quad (1)$$

де:  $x, y, z$  – координати точки в тривимірному просторі, а  $x', y'$  – її ортогональна проєкція на площину дослідження.

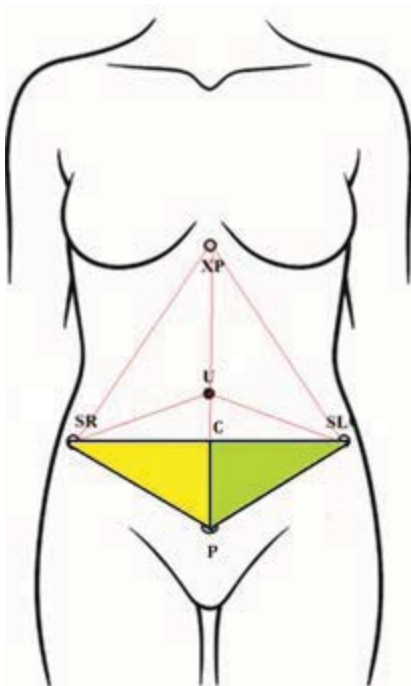
Вектор  $(x \ y \ z)$  описує просторові координати анатомічної точки:  $x$  – горизонтальна координата вздовж осі SR-SL від правої до лівої передньо-верхньої клубової ості;  $y$  – вертикальна координата від лобкового симфізу до мечоподібного відростка, вісь  $y$  умовно зміщена ліворуч для зручності графічного відображення, щоб уникнути накладання підписів анатомічних орієнтирів на серединну лінію,  $z$  – глибина в напрямку від черевної стінки до хребта. За цим принципом, усі точки черевної стінки вважаються розташованими на фронтальній площині, а координата  $z$  приймається рівною нулю, що не впливає на метричні співвідношення вздовж осей  $x$  та  $y$  (рис. 2).

Матриця  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$  є оператором ортогональної проєкції на площину передньої черевної стінки: вона зберігає компоненти  $x$  та  $y$  і доводить до нуля компоненту  $z$ . Добуток цієї матриці на вектори  $(x \ y \ z)$  дає вектор площинних координат  $(x' \ y')$ , де  $x'=x$  (положення по горизонталі),  $y'=y$  (положення по вертикалі), а координата  $z$  не враховується. Отже, проєкція переводить просторові точки у двовимірну систему без спотворення метрики вздовж осей  $x$  та  $y$  і забезпечує коректність подальших розрахунків.

Для вирішення завдання дослідження нами розроблено багатофакторну математичну модель, в основу якої покладено умовний трикутниковий розподіл передньої черевної стінки на сегменти.



**Рис. 3.** Побудова трикутників передньої черевної стінки: XP – мечоподібний відросток, SR – права передньо-верхня клубова ость, SL – ліва передньо-верхня клубова ость (SIAS – spina iliaca anterior superior), P – лобкова точка, C – точка перетину SR-SL і XP-P



**Рис. 4.** Геометричне моделювання білатеральних трикутників для визначення оптимальних місць встановлення лапароскопічних портів: XP – мечоподібний відросток, SR – права передньо-верхня клубова ость, SL – ліва передньо-верхня клубова ость (SIAS – spina iliaca anterior superior), P – лобкова точка, C – точка перетину SR-SL і XP-P

Трикутники SR-XP-P і SL-XP-P побудовано між мечоподібним відростком (XP), правою (SR) або лівою (SL) передньо-верхньою клубовою остю та лобковою точкою (P). Для кожного трикутника визначено довжини сторін XP-SR (або XP-SL), XP-P і SR-P (або SL-P). Трикутники SR-C-P і SL-C-P побудовано між правою (SR) або лівою (SL) клубовою остю, умовним центром черевної стінки (C, середина відрізка SR-SL) і лобковою точкою (P). Ці трикутники відображають пропорційність тазового сегмента. Довжини сторін: SR-C (або SL-C), C-P і SR-P (або SL-P). Трикутники SR-U-C і SL-U-C включають праву (SR) або ліву (SL) клубову ость, пупок (U) і C – центр перетину SR-SL і XP-P. Вони характеризують геометрію центрального сегмента живота. Трикутники SR-XP-C і SL-XP-C сформовано між правою (SR) або лівою (SL) клубовою остю, мечоподібним відростком (XP) і C – центром перетину SR-SL і XP-P. Вони охоплюють передню поверхню черевної стінки і таза та допомагають оцінити їхню краниокаудальну протяжність (рис. 3).

Для визначення оптимальних місць встановлення лапароскопічних портів застосовано дві білатеральні зони передньої черевної стінки – трикутники SR-C-P і SL-C-P. Вибір саме цих трикутників зумовлений їхньою анатомічною стабільністю, вони охоплюють ділянки, що прилягають до нижніх відділів передньої черевної стінки та зон проєкції органів малого таза, які є ключовими в мініінвазивній хірургії. Сторони трикутників утворені стабільними кістково-анатомічними орієнтирами: правую та лівую передньо-верхніми клубовими остями (SR, SL), лобковим симфізом (P). Верхня сторона обох трикутників проходить через латеральні орієнтири (SR і SL) і центр (C), що відповідає межах прямого м'яза живота та апоневротичних структур, тоді як їхня вершина (P) проєктується на верхній край лобкового симфізу, який є фіксованим анатомічним орієнтиром (рис. 4, 5). Така побудова дає змогу забезпечити геометричну симетричність, відтворюваність розрахунків у всіх досліджуваних.

У наведеному нами дослідженні, з метою об'єктивного визначення геометричних параметрів передньої черевної стінки, розраховано площі правого і лівого трикутників (SR-C-P і SL-C-P). Площі обчислено на основі виміряних довжин сторін за класичною формулою Герона (формула 2), що передбачає попереднє визначення напівпериметра трикутника (формула 3) [5].

$$p = \frac{a + b + c}{2} \quad (2)$$

$$S = \sqrt{p(p - a)(p - b)(p - c)} \quad , \quad (3)$$

де:  $a, b, c$  – довжини сторін трикутника,  $p$  – на пів-периметр,  $S$  – площа трикутника.

З метою оцінювання значущості варіацій окремих складових проаналізовано симетрію площ трикутників. Варіації довжин SR-SL, C-P, (P-SR)/(P-SL) і геометричних індикаторів симетрії ( $\Delta S, A$ ) можуть впливати на зміщення точок доступу. Саме тому в наведеній моделі ці параметри інтегровано у формули розрахунку (формула 4) [2,5].

$$\Delta S = |S_{\text{прав}} - S_{\text{лів}}| \quad , \quad (4)$$

де:  $S_{\text{прав}}$  – площа правого трикутника SR-C-P;  $S_{\text{лів}}$  – площа лівого трикутника SL-C-P.

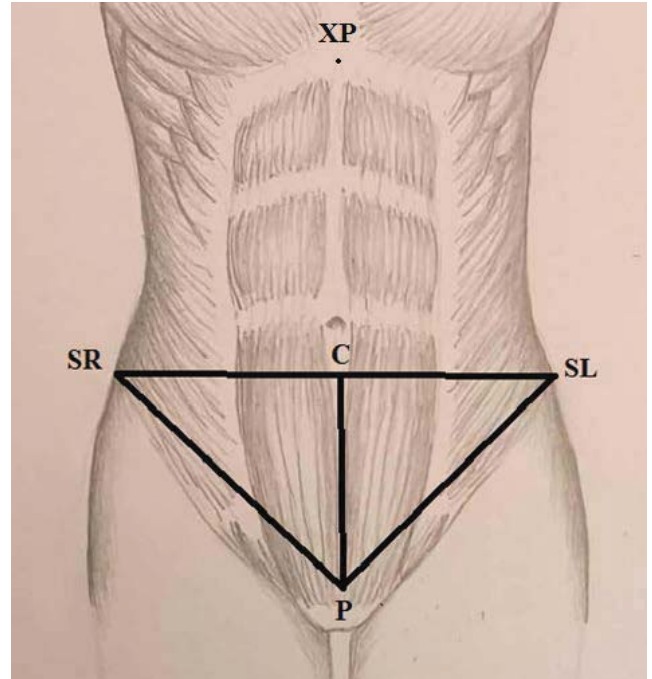
З метою кількісного оцінювання асиметрії площ трикутників SR-C-P і SL-C-P застосовано індекс асиметрії [2,5] (формула 5).

$$A = \frac{|S_{\text{прав}} - S_{\text{лів}}|}{(S_{\text{прав}} + S_{\text{лів}})/2} \times 100\% \quad , \quad (5)$$

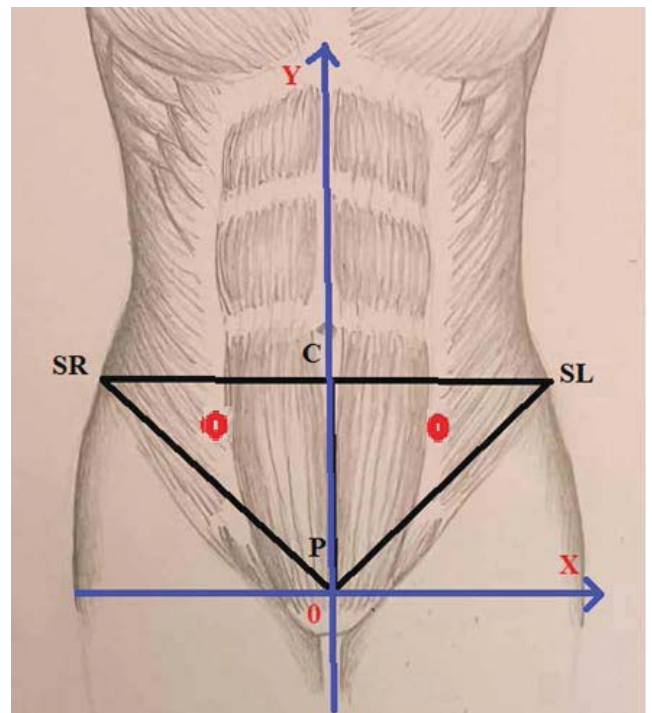
де:  $S_{\text{прав}}$  – площа правого трикутника,  $S_{\text{лів}}$  – площа лівого трикутника;  $A$  – відносна різниця площ, виражена у відсотках.

Абсолютна різниця в чисельнику гарантує невід'ємність показника; середнє значення в знаменнику нормує різницю на загальний масштаб і робить індекс безрозмірним; множення на 100% переводить результат у відсотки для зручності інтерпретації (0% – повна площинна симетрія; що більше  $A$ , то більш виражена асиметрія). Для обґрунтованого вибору оптимальних місць введення лапароскопічних портів застосовано методику визначення центроїдів трикутників SR-C-P і SL-C-P в осі ординат за Ейлером для отримання об'єктивних антропометричних орієнтирів, що відображають пропорції передньої черевної стінки в різних фазах пубертатного періоду, на основі яких встановлено координати анатомічно найбільш доцільних точок для введення лапароскопічних портів. Вибір саме центроїдів як референтних точок зумовлений їхньою властивістю рівновіддаленості від трьох вершин трикутника, що забезпечує оптимальне розташування всередині цих білатеральних сегментів (рис. 6).

Уздовж серединної лінії від P (лобковий симфіз) до XP (мечоподібний відросток) проведено вісь ординат Y, що забезпечила коректну симетричну систему координат. Вісь абсцис X проведено перпендикулярно через точку P. Координати центроїдів обчислено за формулою Ейлера (формула 6) [4]:



**Рис. 5.** Передня черевна стінка з позначенням анатомічних орієнтирів C, SR, SL, P (вершина обох білатеральних трикутників), де: SR – права передньо-верхня клубова ость, SL – ліва передньо-верхня клубова ость, P – верхній край лобкового симфізу, C – точка перетину ліній SR-SL і XP-P



**Рис. 6.** Топографо-геометрична схема визначення координат центроїдів робочих трикутників SR-C-P і SL-C-P у декартовій системі координат. Вісь Y: лінія P→XP – серединна лінія живота; вісь X: перпендикуляр крізь P. Анатомічні орієнтири: C – середина між SR і SL; SR/SL – передньо-верхні клубові ості; P – лобковий симфіз. Червоні маркери позначають умовні положення центроїдів G\_R та G\_L як реперні точки для встановлення портів

Original articles. Thoracic and abdominal surgery

$$G = \left( \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}, \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \right), \quad (6)$$

де:  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$  – координати вершин трикутника. G-центроїд трикутника.

Отже, для кожного з побудованих трикутників (SR-C-P і SL-C-P) визначено координати центроїдів G\_R і G\_L. Відстань X по осі абсцис від серединної лінії визначено за формулою 7:

$$X = \frac{SR - SL}{6}, \quad (7)$$

а висота центроїда над точкою P за формулою 8:

$$Y = \frac{2}{3} \cdot H, \quad (8)$$

де: H – вертикальна відстань від лобкового симфізу до лінії SR-SL.

Аналіз параметричних даних вибірки дав змогу виявити достовірні відмінності антропометричних показників передньої черевної стінки між двома віковими групами. Ці зміни відображають закономірності морфологічного росту й пропорційного розвитку тулуба в процесі статевого дозрівання дівчат. Просторові параметри таза і передньої черевної стінки в старшій групі були більшими, що відповідає закономірностям пубертатного росту [2,7,9,17]. При порівнянні модельних площ правого (SR-C-P) і лівого (SL-C-P) трикутників ділянки підчерев'я між віковими групами встановлено достовірне збільшення площі в II фазі пубертату. Зокрема, площа правого трикутника в I фазі становила  $69,43 \pm 5,82 \text{ см}^2$ , а у II фазі –  $82,80 \pm 6,14 \text{ см}^2$ , що відповідає приросту на 19,3% ( $p < 0,05$ ). Лівий трикутник збільшився з  $68,10 \pm 5,47 \text{ см}^2$  до  $79,84 \pm 5,92 \text{ см}^2$  (+17,2%,  $p < 0,05$ ) (табл. 3). Такі відмінності відображають виражене збільшення площі підчеревної ділянки упродовж пубертату та узгоджуються з опи-

саними в літературі тенденціями латерального розширення таза й збільшенням поперечних розмірів передньої черевної стінки у дівчат під час статевого дозрівання [2,7,9,17].

Разом із тим індекс площинної асиметрії A залишався низьким в обох групах – 1,94% у I фазі проти 3,65% у II фазі, статистично значущих відмінностей для цього показника нами не виявлено ( $p > 0,05$ ). Такий результат вказує на симетричність правої та лівої половин підчерев'я передньої черевної стінки в дівчат пубертатного віку: попри збільшення абсолютних розмірів, міжбічний дисбаланс площ не наростає до статистично значущих величин. Подібний симетричний варіант морфогенезу таза в підлітковому віці описано і в роботах із клінічною інтерпретацією [2,7,9]. Це підтверджує варіант вибору підходу щодо розміщення робочих портів на основі математично визначених орієнтирах. Водночас збільшення площі в старшій віковій групі супроводжується латеральним зміщенням розрахункових координат (центроїдів) – місць встановлення портів, що зумовлено пропорційним розширенням підчеревної ділянки. Це забезпечує збереження ергономічного кута введення інструментів за незмінного вертикального рівня портів і узгоджується із сучасними принципами стандартизації порт-планування [1,6,14,18]. У двох вікових групах зберігається дзеркальна парність центроїдів G\_R і G\_L відносно серединної осі Y і сталий вертикальний рівень ( $y = 9,73 \text{ см}$ ) (табл. 4).

Латеральна складова координат змінюється симетрично: модуль  $|x|$  зростає з  $4,40 \pm 0,07 \text{ см}$  до  $4,67 \pm 0,08 \text{ см}$  ( $p < 0,05$ ) як правого, так і лівого трикутників. Така динаміка відповідає збільшенню міжкостистої відстані SR-SL з  $25,8 \pm 0,7 \text{ см}$  до  $29,1 \pm 0,9 \text{ см}$  ( $p < 0,05$ ) без вертикального зміщення відносно точки P, оскільки вертикальна координата

Таблиця 3

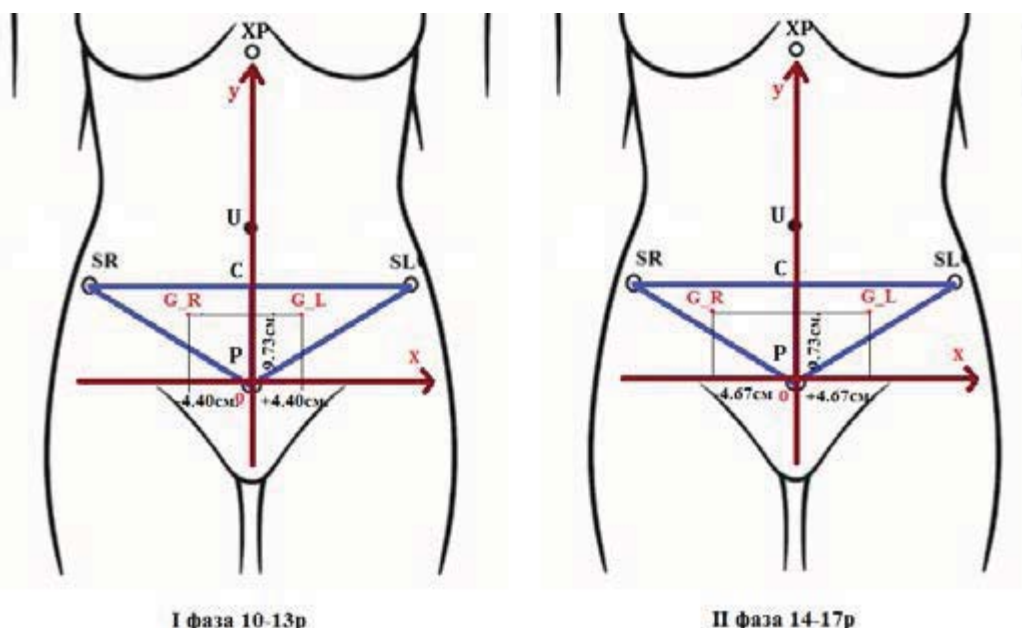
Порівняння площ трикутників SR-C-P і SL-C-P у дівчат I і II фаз пубертатного періоду (модельні оцінки за формулою Герона)

| Показник                                | I фаза<br>(10–13 років; n=58) | II фаза<br>(14–17 років; n=54) | p        |
|---|-------------------------------|--------------------------------|----------|
| Площа правого трикутника, $\text{см}^2$ | $69,43 \pm 5,82$              | $82,80 \pm 6,14$               | $< 0,05$ |
| Площа лівого трикутника, $\text{см}^2$  | $68,10 \pm 5,47$              | $79,84 \pm 5,92$               | $< 0,05$ |
| Індекс асиметрії A, %                   | $1,94 \pm 0,8$                | $3,65 \pm 1,12$                | $> 0,05$ |

Таблиця 4

Координати центроїдів робочих трикутників (SR-C-P і SL-C-P)

| Фаза пубертатного періоду | G_R (x; y), см                    | G_L (x; y), см                    | p-значення |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|
| I                         | $(-4,40 \pm 0,07; 9,73 \pm 0,05)$ | $(+4,40 \pm 0,07; 9,73 \pm 0,05)$ | —          |
| II                        | $(-4,67 \pm 0,08; 9,73 \pm 0,06)$ | $(+4,67 \pm 0,08; 9,73 \pm 0,06)$ | $< 0,05$   |



I фаза 10-13р

II фаза 14-17р

**Рис. 7.** Топографо-геометрична схема визначення координат точок для встановлення портів у двох фазах пубертату, де XP – мечоподібний відросток, U – пупок, C – середина відрізка між правою та лівою передньо-верхніми клубовими остями (SR і SL), P – лобковий симфіз. Через P-XP проведено вісь Y (анатомічна серединна лінія – *linea alba*), вісь X – перпендикулярно до неї на рівні P. Синім окреслено опорні трикутники SR-C-P і SL-C-P; червоним підписано координати центрів G\_R і G\_L – точки для вибору місць портів

кожного центрів (y), (обчислена за формулою 5) дорівнює, де H – висота від точки P до лінії SR-SL, отже,  $H=14,6\pm 0,15$  см у кожній групі; це підтверджує краніокаудальну сталість рівня розміщення портів у рівні  $9,73\pm 0,05$  см по осі y від точки P.

Схема відповідає класичним топографо-анатомічним орієнтирам: серединна лінія P-U-XP збігається з *linea alba*; горизонталь SR-SL проходить на рівні міжкостистої лінії (сполучає *spinae iliacae anteriores superiores*) і є надійною анатомо-геометричною базою. Ділянка, розташована латеральніше від *linea alba* та медіальніше передніх верхніх остей клубової кістки, вважається відносно безпечною для введення портів, оскільки в цій зоні немає великих судинно-нервових пучків (зокрема, *a. et v. epigastricae inferiores* проходять більш медіально, а *n. iliohypogastricus* і *n. ilioinguinalis* – більш каудально) [1,6,13,18]. На схемі центрів розміщені симетрично відносно осі Y і на однаковій висоті: для I фази –  $G_R=(-4,40\pm 0,07; 9,73\pm 0,05)$  см,  $G_L=(+4,40\pm 0,07; 9,73\pm 0,05)$  см; для II фази –  $G_R=(-4,67\pm 0,08; 9,73\pm 0,06)$  см,  $G_L=(+4,67\pm 0,08; 9,73\pm 0,06)$  см. Отже, у пізньому пубертаті фіксується помірне латеральне розкриття ( $|\Delta x|=0,27\pm 0,03$  см із кожного боку) при незмінному вертикальному рівні  $y=9,73\pm 0,05$  см над лобковим орієнтиром ( $p<0,05$ ). Середні значення вертикальної координати центрів (y) в обох групах становили  $9,73\pm 0,05$  см (I фаза) і  $9,73\pm 0,06$  см (II фаза); статистично значущих відмінностей між

фазами не виявлено ( $p=0,84$ , t-тест). За результатами тесту TOST із межами  $\pm 0,5$  см, проведеного з метою кількісного підтвердження еквівалентності, 90% довірчий інтервал різниці середніх ( $-0,09\dots +0,10$  см) повністю потрапив у визначений інтервал еквівалентності, обидві односторонні перевірки TOST були статистично значущими ( $p<0,05$ ), що підтверджує сталий краніокаудальний рівень координати у між фазами пубертату. Спостереження узгоджуються з описаним у сучасних джерелах ростом із переважним збільшенням поперечних розмірів таза за стабільного краніокаудального положення анатомічних орієнтирів [2,7,9,17] та з атласними топографічними даними щодо судинно-нервових структур передньої черевної стінки [1,6,13].

## Висновки

На основі морфометричних вимірів і статистичного аналізу встановлено достовірні антропометричні відмінності розмірів та будови передньої черевної стінки в дівчат різних фаз пубертатного періоду. Шляхом геометричного моделювання трикуткової моделі доведено рівень симетричності лівої та правої половин передньої черевної стінки. Запропоновано числову модель та обґрунтовано достовірне латеральне розширення площ білатеральних трикутників підчерев'я при збереженні симетрії та сталого краніокаудального рівня –  $y=9,73\pm 0,05$  см. Розраховано оптимальні координати G\_R і G\_L –

Original articles. Thoracic and abdominal surgery

місць встановлення лапароскопічних портів, які можуть бути використані для стандартизації порт-планування для оперативних втручань у дівчат пубертатного віку.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References/Література

- Alkatout I, Mettler L, Maass N, Noé GK. (2015). Abdominal anatomy in the context of port placement and trocars. *Journal of the Turkish-German Gynecological Association*. 16(4): 241-251. doi: 10.5152/jtgga.2015.0148.
- Cox SL, Ruff CB, Maier RM, Mathieson I. 2021. A geometric morphometric assessment of shape variation in adult pelvic morphology. *American Journal of Physical Anthropology*. 176(4): 652-671. doi: 10.1002/ajpa.24399.
- Da Silva VS, Vieira MFS. (2020). International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) Global: International accreditation scheme of the competent anthropometrist. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. 22; Article e70517: 1-6. doi: 10.1590/1980-0037.2020v22e70517.
- Euler L. (1758). *Elementa doctrinae solidorum*. *Novi Commentarii Academiae Scientiarum Petropolitanae*. 4: 109-140.
- Heron Alexandrinus. (1903). *Heronis Alexandrini Opera quae supersunt omnia*. Volumen III: *Rationes dimetiendi et Commentatio dioptrica*. Recensuit H. Schöne. Lipsiae: B.G. Teubner.
- Hurd WW, Bude RO, De Lancey JOL, Newman JS. (1994). The location of abdominal wall blood vessels in relationship to abdominal landmarks apparent at laparoscopy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 171(3): 642-646. doi: 10.1016/0002-9378(94)90076-0.
- Huseynov A, Zollikofer CPE, Coudyzer W, Gascho D, Kellenberger C et al. (2016). Developmental evidence for obstetric adaptation of the human female pelvis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 113(19): 5227-5232. doi: 10.1073/pnas.1517085113.
- Klein DA, Emerick JE, Sylvester JE, Vogt KS. (2017). Disorders of Puberty: An Approach to Diagnosis and Management. *American Family Physician*. 96(9): 590-599.
- Kubicka AM. (2023). Changes in plasticity of the pelvic girdle from infancy to late adulthood in humans. *Scientific Reports*. 13: Article: 10355. doi: 10.1038/s41598-023-36703-2.
- Lakens D. (2017). *Equivalence Tests: A Practical Primer for t Tests, Correlations, and Meta-Analyses*. *Social Psychological and Personality Science*. 8(4): 355-362. doi: 10.1177/1948550617697177.
- Ministerstvo okhorony zdorov'ia Ukrainy. (2024). Pro zatverdzhennia Kryteriiv otsiniuvannia fizychnoho rozvytku ditei vikom do 18 rokiv. Nakaz Ministerstva okhorony zdorov'ia Ukrainy vid 13.09.2024 No.1590. Verkhovna Rada Ukrainy. [Міністерство охорони здоров'я України. (2024). Про затвердження Критеріїв оцінювання фізичного розвитку дітей віком до 18 років. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 13.09.2024 №1590. Верховна Рада України].
- Monge G. (1799). *Géométrie descriptive: leçons données aux écoles normales, l'an 3 de la République*. Paris: Baudouin: 132.
- Netter FH. (2018). *Atlas of Human Anatomy*. 7th ed. Philadelphia: Elsevier: 672.
- Raimondo D, Raffone A, Travaglino A, Maletta M, Renzulli F, Raimondo I et al. (2023). Laparoscopic entry techniques: Which should you prefer? *International Journal of Gynecology & Obstetrics*. 160(3): 742-750. doi: 10.1002/ijgo.14412.
- Shu B, Feng X, Martynov I, Lacher M, Mayer S. (2022). Pediatric Minimally Invasive Surgery — A Bibliometric Study on 30 Years of Research Activity. *Children*. 9(8): Article 1264. doi: 10.3390/children9081264.
- Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, de Ridder H. (2011). *International Standards for Anthropometric Assessment*. Lower Hutt, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry: 125.
- Tanner JM. (1962). *Growth at Adolescence: With a General Consideration of the Effects of Hereditary and Environmental Factors upon Growth and Maturation from Birth to Maturity*. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications: 325.
- Vilos GA, Ternamian A, Laberge PY, Vilos AG, Abu-Rafea B et al. (2021). Guideline No. 412: Laparoscopic Entry for Gynaecological Surgery. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada*. 43(3): 376-389.e1. doi: 10.1016/j.jogc.2020.12.012.
- World Medical Association. (2013). *World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*. *JAMA*. 310(20): 2191-2194. doi: 10.1001/jama.2013.281053.

Відомості про авторів:

Якименко Олександр Григорович – к.мед.н., доц. каф. дитячої хірургії ВНМУ ім. М.І. Пирогова. Адреса: м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 108. <https://orcid.org/0000-0003-0387-6799>.

Зозуляк Руслан Ігорович – аспірант каф. дитячої хірургії ВНМУ ім. М.І. Пирогова. Адреса: м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 108. <https://orcid.org/0009-0001-1976-9691>.

Стаття надійшла до редакції 01.12.2025 р., прийнята до друку 16.03.2026 р.